

ÉTUDE DU POUVOIR DE RÉTENTION D'EAU DE LA VIANDE DE PORC

II. — INFLUENCE DU CALCIUM ET DU MAGNÉSIUM.

R. GOUTEFONGEA (*)

avec la collaboration technique de Denise GUENE ET J.-P. SUQUET

*Laboratoire de Recherches sur la Viande,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Afin de vérifier l'hypothèse émise à la suite des résultats que nous avons obtenus lors de l'étude des variations du pouvoir de rétention d'eau du muscle en fonction du pH, nous avons déterminé l'importance des fractions de calcium et de magnésium liées aux protéines myofibrillaires aussitôt après l'abattage et 24 heures après, en utilisant 16 porcs *Large White* pesant environ 100 kg. Nous avons observé que, au cours des 24 heures suivant l'abattage, l'importance relative des fractions liées de calcium et magnésium augmentait et que cette augmentation était d'autant plus forte que l'échantillon musculaire considéré avait un pouvoir de rétention d'eau faible. Le calcul des coefficients de corrélation entre le pouvoir de rétention d'eau et la variation de la fraction liée de calcium, magnésium et (Ca + Mg) pour chaque échantillon montre l'existence de relations hautement significatives, ce qui confirme l'hypothèse de départ.

Nous avons été amenés, à la suite de l'étude des variations du pouvoir de rétention d'eau du muscle de porc en fonction du pH (GOUTEFONGEA 1968), à émettre l'hypothèse selon laquelle, au cours de la *rigor mortis*, les protéines myofibrillaires subiraient des changements de conformation consécutifs à des formations de ponts dus à des ions métalliques divalents, tels que le calcium et le magnésium, et que l'ampleur de ces modifications serait plus importante dans les muscles exsudatifs.

Si cette hypothèse est exacte, on doit observer, au cours des 24 heures suivant l'abattage, des variations dans l'importance relative des fractions de calcium et de magnésium liées aux protéines myofibrillaires, se traduisant par une augmentation des fractions liées plus importante dans les muscles exsudatifs.

Nous rapportons ici l'étude de ces variations.

(*) Adresse actuelle : Centre de Recherches zootechniques et vétérinaires, 63 - Theix, près Clermont-Ferrand.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les 16 porcs utilisés dans cette expérience étaient de race *Large White*, pesaient 100 ± 5 kg au moment de l'abattage et provenaient de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs du C. N. R. Z.

Aussitôt après la saignée, effectuée sous électronarcose, un échantillon d'environ 200 g était prélevé dans la région lombaire du muscle *Longissimus dorsi*. Cet échantillon était fractionné en deux parties égales dont l'une était conservée à $+ 4^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures dans un sachet de polyéthylène. L'autre partie était broyée dans un hachoir muni d'une grille à trous de 3 mm de diamètre.

Deux fractions de ce broyat de 10 g chacune étaient homogénéisées (Homogénéiseur Biorex) avec 50 ml de tampon Tris 0,02 M à pH 7,2. Après un séjour d'une heure à $+ 4^{\circ}\text{C}$, l'ensemble était centrifugé à 800 g pendant 20 mn dans une centrifugeuse Jouan G 57 réfrigérée par une circulation de méthanol froid (température approximative dans la centrifugeuse $+ 5^{\circ}\text{C}$).

Les surnageants étaient amenés à 100 ml avec de l'eau bidistillée. Pour chacun d'eux, une partie aliquote de 25 ml était prélevée et mise dans une capsule en silice pour dessiccation à l'étuve, puis minéralisation sèche (une nuit au four à 550°C). Les culots étaient soumis en entier à la minéralisation après dessiccation.

Après pesée des cendres froides, celles-ci étaient traitées par la méthode de reprise par HCl pur, puis HNO_3 10 p. 100 sur bain de sable à 200°C . Les solutions obtenues après filtration et ajustage à 100 ml avec de l'eau bidistillée servaient à la détermination de la teneur en calcium par spectrophotométrie de flamme (appareil Eppendorf), et en magnésium, par la méthode de BOHUON (1962).

Le lendemain, l'échantillon conservé à $+ 4^{\circ}\text{C}$ depuis la veille était soumis aux mêmes opérations après détermination du pH ultime (pH mètre EIL 23 AF₂) et du pouvoir de rétention d'eau (GOUTEFONGEA, 1966).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour chaque élément dosé, nous avons considéré que la fraction restant dans le culot d'extraction représentait la fraction liée aux protéines myofibrillaires. Ceci n'est pas parfaitement exact, puisque le culot d'extraction contient, outre les protéines myofibrillaires, le stroma, c'est-à-dire essentiellement des éléments du tissu conjonctif, qui peuvent retenir des minéraux. Cependant, selon les travaux de MEYER (1954), il semble que le principal ion qui puisse y être fixé soit le sodium et que si des ions divalents, tels que le calcium et le magnésium, sont fixés, ils le soient par des forces élevées.

Nous avons donc estimé, en première approximation, que les quantités de calcium et de magnésium liées aux protéines ou aux polysaccharides du stroma étaient relativement constantes et que l'on pouvait admettre que les variations de teneur des culots d'extraction en ces minéraux au cours des 24 heures suivant l'abattage étaient dues à des variations d'importance relative des fractions de calcium et de magnésium liées aux protéines myofibrillaires.

Nous avons rassemblé les résultats dans le tableau 1, en classant les animaux selon les pouvoirs de rétention d'eau croissants, c'est-à-dire selon les pourcentages d'eau libre décroissants. Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons, pH et pouvoir de rétention d'eau, sont ainsi en parallèle avec les teneurs totales en calcium, en magnésium, ainsi qu'avec la somme de ces deux éléments. En outre, nous avons rapporté également, en les exprimant en pourcentage de la teneur totale, les fractions liées de chacun de ces deux éléments et de leur somme, aussitôt après l'abattage et 24 heures après.

TABLEAU I
Caractéristiques physico-chimiques des muscles, teneurs totales et fractions liées en Ca, Mg et (Ca + Mg) (0 et 24 h post mortem)

	Pouvoir de rétention d'eau	pH ultime	Calcium teneur totale (mg/g tissu frais)	Ca lié en % teneur totale		Magnésium teneur totale (mg/g tissu frais)	Mg lié en % teneur totale		(Ca + Mg)	(Ca + Mg) lié en % teneur totale	
				0 h	24 h		0 h	24 h		0 h	24 h
1	33,4	5,34	0,09	57,3	81,8	0,22	35,6	0,31	41,6	61,0	
2	28,8	5,29	0,08	54,0	65,3	0,29	42,7	0,37	45,2	67,3	
3	25,4	5,43	0,08	56,5	74,4	0,46	51,2	0,24	52,9	71,7	
4	24,0	5,32	0,09	40,5	63,3	0,22	22,5	0,31	30,7	44,5	
5	22,2	5,51	0,08	65,3	68,6	0,49	46,0	0,27	48,5	62,0	
6	22,0	5,57				0,21	19,8				
7	21,4	5,60				0,18	33,3				
8	20,4	5,59				0,17	27,9				
9	20,0	5,59	0,09	66,7	74,7	0,16	26,8	0,25	41,2	52,0	
10	19,4	5,50	0,09	57,7	75,7	0,17	32,0	0,26	40,7	57,7	
11	19,4	5,80	0,10	64,7	74,4	0,21	34,6	0,31	44,5	48,7	
12	18,4	5,48	0,10	65,9	77,3	0,20	26,5	0,30	38,5	47,0	
13	17,6	5,68	0,09	65,7	79,3	0,15	29,4	0,24	42,5	49,6	
14	16,4	5,95				0,19	24,2				
15	15,6	5,62	0,07	74,0	84,8	0,16	39,7	0,23	37,6	42,8	
16	11,6	5,78	0,09	60,9	63,9	0,19	33,7	0,28	42,5	47,2	

Nous remarquons tout d'abord que les valeurs obtenues pour les fractions liées de calcium et de magnésium sont légèrement supérieures aux résultats obtenus par INKLAAR (1967), sur le muscle de porc en utilisant des techniques de dialyses et de centrifugation pour la détermination des fractions liées.

Nous observons également que, au cours des 24 heures suivant l'abattage, les fractions liées de calcium, de magnésium et évidemment de la somme (Ca + Mg) augmentent.

Ceci constitue une vérification partielle de notre hypothèse de départ. Des résultats analogues (augmentation de la fraction liée de calcium et de magnésium au cours des 24 heures suivant l'abattage) ont d'ailleurs été observés dans le muscle de bœuf par HAMM (1960) et WEBB et *al.* (1967).

Si nous considérons les fractions liées 24 heures après la mort, nous constatons que, pour le magnésium et la somme (Ca + Mg), leur importance relative varie sensiblement de la même manière que le pourcentage d'eau libre. En ce qui concerne le calcium, la fraction liée 24 heures *post mortem* est assez peu variable, mais, par contre, il semble que la fraction liée au moment de l'abattage soit plus faible dans les échantillons à faible pouvoir de rétention d'eau.

TABLEAU 2

Augmentation entre 0 et 24 heures post mortem des fractions liées de calcium, magnésium et (Ca + Mg) (en p. 100 des teneurs totales)

N°	Pouvoir de rétention d'eau (% d'eau libre)	Ca	Mg	Ca + Mg
1	33,4	24,5	17,0	20,0
2	28,8	11,3	25,8	22,1
3	25,4	17,9	18,6	18,8
4	24,0	12,8	14,4	13,8
5	22,2	3,3	13,0	13,5
6	22,0		8,2	
7	21,4		10,9	
8	20,4		9,8	
9	20,0	8,0	11,7	10,8
10	19,4	8,0	16,4	17,0
11	19,4	9,7	1,5	4,2
12	18,4	11,4	5,7	8,5
13	17,6	13,6	2,3	7,1
14	16,4		3,8	
15	15,6	10,0	2,7	5,2
16	11,6	3,0	4,3	4,7

En outre, si nous considérons, pour chaque échantillon, l'évolution de ces fractions au cours des 24 heures suivant l'abattage (tabl. 2), nous observons que l'amplitude de l'augmentation des fractions liées pendant ce laps de temps est d'autant plus importante que les échantillons ont un fort pourcentage d'eau libre, c'est-à-dire sont plus exsudatifs.

Nous avons calculé les coefficients de corrélation entre les augmentations des fractions liées de calcium, magnésium et (Ca + Mg) entre 0 et 24 heures *post mortem* et le pouvoir de rétention d'eau (tabl. 3). Ces coefficients sont significatifs à $P = 0,01$. Il y a donc des relations assez étroites entre la fixation d'ions calcium et magnésium par les protéines myofibrillaires au cours des 24 heures suivant la mort et le pouvoir de rétention d'eau du muscle.

TABLEAU 3

Coefficient de corrélation entre le pouvoir de rétention d'eau et l'augmentation au cours des 24 heures suivant la mort des fractions liées de calcium, magnésium et (Ca + Mg)

	Ca	Mg	(Ca + Mg)
Pouvoir de rétention d'eau	+ 0,72 S	+ 0,78 S	+ 0,85 S
S = Significatif à $P = 0,01$			

CONCLUSION

Notre hypothèse de départ, selon laquelle, au cours des 24 heures suivant l'abatage, il se produit dans le muscle, des mouvements ioniques se traduisant par une fixation, au niveau des protéines myofibrillaires, de cations calcium et magnésium allant de pair avec une réduction du pouvoir de rétention d'eau, semble donc vérifiée. Nous avons en effet montré, d'une part l'existence de tels mouvements cationiques et d'autre part, l'existence de relations significatives entre l'amplitude de ces mouvements et le pouvoir de rétention d'eau. On peut donc penser que la fixation de cations métalliques divalents, formant des ponts intramoléculaires, entraîne un resserrement du réseau formé par les chaînes protéiques, plus ou moins accentué selon l'importance de la fixation. Ce phénomène aurait pour conséquence une réduction du pouvoir de rétention d'eau par effet stérique, réduction également fonction de l'importance de la fixation des cations.

Parmi les différents phénomènes se déroulant pendant l'établissement de la *rigor mortis*, un des plus mal connus encore actuellement est certainement celui concernant les mouvements ioniques à l'intérieur des cellules musculaires et à travers les membranes. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas du muscle exsudatif de porc, chez lequel le développement de la *rigor mortis* est caractérisé par une activité ATPasique intense, elle-même dépendante des mouvements de l'ion Ca^{++} lié au réticulum sarcoplasmique et associé à une fuite massive de potassium intracellulaire à travers les membranes. Compte tenu, en outre, des relations mises en évidence au cours de cette étude, la connaissance des mécanismes régissant les mouvements ioniques dans le muscle pendant les processus *post mortem* semble donc être d'un intérêt primordial.

Reçu pour publication en octobre 1968.

SUMMARY

WATER HOLDING CAPACITY OF PORK MUSCLE

II. — EFFECT OF CALCIUM AND MAGNESIUM

Our investigations on water holding capacity of pork muscle have led us to the view that protein chains were during the *rigor mortis* because of the formation of intramolecular cross linkages due to bivalent metal cations (Ca^{++} , Mg^{++}) the alterations being greater in watery muscles.

To support this hypothesis, we have studied the amount of Ca and Mg linked with myofibrillar proteins, immediately and 24 hours after death, on 16 *Large White* pigs of average weight 100 kg.

During the first 24 hours after slaughter, the linked fractions of Ca^{++} and Mg^{++} increase all the more as the holding capacity of the muscle in lower (table 2). The correlation coefficients between water holding capacity and variation of Ca^{++} , Mg^{++} , $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ linked fractions are highly significant (table 3).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOHUON C., 1962. Microdosage du magnésium dans les milieux biologiques. *Clin. Chim. Acta*, **7**, 811-817.
- GOUTEFONGEA R., 1969. Étude comparative de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. *Ann. Zootech.*, **15**, 291-295.
- GOUTEFONGEA R., 1968. Étude du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. I. Variations en fonction du pH. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* **9**.
- HAMM R., 1960. Biochemistry of meat hydration. *Adv. Food Res.*, **10**, 355-463.
- INKLAAR P. A., 1967. Interaction between polyphosphates and meat. *J. Food Sci.*, **32**, 525-526.
- MEYER K., 1954. In *Connective tissue in health and disease*, p. 44, G. Asboe-Nansen, Munksgaard, Copenhagen.
- WEBB N. B., KALLENBERG O. J., NAUMANN H. D., HEDRICK H. B., 1967. Biochemical factors affecting beef tenderness. *J. Food Sci.*, **32**, 1-7.
-